정보화 시공분야에서의 Geo-mechatronics 기술의 전망
Introduction of Geo-Mechatronics in Construction IT

김영석[1], YoungSeok KIM

[1] 한국건설기술연구원 지반연구실 선임연구원, Senior Researcher, Geotechnical Engineering Division, Korea Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : For the purpose of automatic management and enhancing quality of construction, information technology has been employed in construction field recently. As a consequence, informative construction, which utilizes information technology to reduce construction time and optimize construction sequence, becomes a state-of-art field of construction. Considering this case, construction field should more actively adopt other engineering technologies of rapidly advancing fields, such as electronic, control, and informative engineering, in order to reduce construction cost and to solve environmental problems as well as to enhance construction quality. In this aspect, this paper introduces a novel research field 'Geo-mechatronics', which stands for the convergence of geotechnical engineering and mechatronics (i.e. automation of mechanics using electronic technologies). Since the ground is ubiquitous in every infrastructure construction, the Geo-mechatronics research is crucial for the development of construction technology in the future. Moreover, it is believed to that the Geo-mechatronics research will make our construction industry to be more future-oriented and internationally comparative industry.

Keywords : Geo-mechatronics, automatic management, automatic construction

1. 서론

건설 분야에서도 건설시공의 자동화 및 시공품질의 향상을 위해 정보화 기술이 이용되고 있다. 현재의 정보기술 이용에 대한 진보는 이전보다 많은 공사에서 시공정보 이용으로 공사의 합리화·최적화로의 대처를 실시하고 있으며, 공기단축, 품질 향상 등에서 성과를 얻고는 있으나 부분적인 성과에 지나지 않는다. 최근 IT 및 RT 기술 등이 급속하게 발전하고 있는 추세를 고려할 때, 건설시공 분야에서도 좀 더 적극적으로 타분야의 융/복합 기술을 도입할 필요가 있다. 공사비 절감, 숙력기술자 부족, 환경문제 등과 같은 최근의 사회적 이슈를 해결하면서 시공의 품질을 확보할 수 있는 정보화 시공은 반드시 필요하다. 이러한 정보화 시공을 위해서는 기존의 토목공학, 기계공학의 지식뿐만 아니라 전자공학, 제어공학, 정보공학 등의 지식을 활용하지 않으면 안 된다. 특히, 시공현장 및 방재현장에서는 지반재료와 밀접하게 관계하고 있으므로 지반공학적인 접근이 반드시 필요하다고 할 수 있다.

이러한 배경에서 본 논문에서는 전자공학을 이용한 기계의 자동화를 도모하는 기술분야인 메카트로닉스 (mechatronics)에 지반공학기술을 융합한 새로운 연구/기술 분야인 Geo-mechatronics 분야를 소개하고자 한다 (그림 1참조).

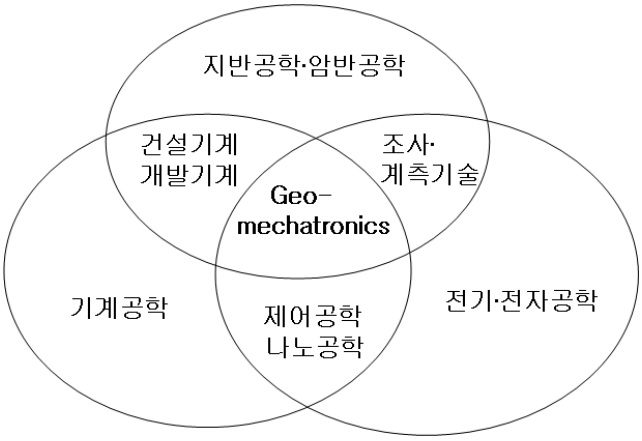


그림 1. Geo-mechatronics 분야의 정의

2. 건설분야의 주요 과제

Geo-mechatronics의 도입 필요성을 설명하기 위하여, 건설 분야의 주요 과제 및 현재의 건설시장 현황을 간략하게 소개하고자 한다.

2.1 건설업의 생산효율의 향상

지금까지 대부분은 인력시공으로부터 건설기계의 도입, 그리고 건설기계의 성능향상이라고 하는 “건설시공의 기계화”에 의하여 생산효율을 높여왔다. 그러나, 향후 예상되는 인구감소, 고령화의 급속한 진행, 국제화의 진전, 지구규모에서의 투자, 환경문제라고 하는 상황에서도 건설시공이 그 역할을 수행하기 위해서는 지금까지의 기계화를 발달시키는 것만이 아니라, ICT (Information and Communication Technology, IT와의 차이는 “정보화시공과 Geo-mechatronics의 관계”에서 설명하고 있음)를 활용하는 것으로부터 제조업에서의 자동화 기술과 Concurrent Engineering (동시성 생산방식)에 의한 최적화 기술 등을 건설시공에도 적용하여, 투입해야 하는 자원 (에너지와 자재 등)을 적극 줄이고 효율적인 시공을 실현해 나가는 것이 향후 중요한 과제가 될 것으로 예상된다.

2.2 숙련 기술자 및 기능자의 부족 (인구감소 및 고령화 대응 필요)

한국을 포함한 대부분의 국가들은 현재까지 경험하지 못한 인구감소 사회를 맞이하고, 젊은 노동자의 확보가 경제, 산업 전체에 커다란 과제가 되었다. 그 중에서도 건설산업은 심한 경영환경에서의 투자액이 감소하는 경향이 있는 등, 노동조건의 악화가 진행되고 있다. 또한, 건설산업에 대해서 미래의 불안과 건설현장에 대한 3D 이미지에 의한 장년층 노동자의 신규 노동인력의 감소가 진행되고 있다. 이미 50세 이상의 취업자가 상당 부분이상을 차지하는 등 고령화가 급속하게 진전되고 있고, 숙련기술자, 기능노동자의 부족이 현실의 문제로 부상하고 있다. 또한, 향후 생산연령 인구의 감소도 예상되어져, 높은 기술력을 가지는 숙련기술자, 기능노동자의 확보가 향후, 커다란 사회문제가 될 것으로 예상된다.

2.3 시공현장의 안전 확보 필요

건설현장에서의 사망자는 대부분이 건설기계와의 접촉 등에 의한 사고가 가장 큰 원인이다. 이 사망사고를 방지하기 위해서는 사람과 건설기계를 혼재하지 않는 대책이 효과적이며, 건설기계와의 접촉사고의 위험성이 높은 구역에서의 검측작업원, 작업지시자, 작업보조원, 보통작업원 등의 출입을 적극적으로 줄이는 것이 필요하다.

2.4 지구온난화 문제

교토의정서의 이행으로 전 세계는 구체적인 CO_2 감소 목표값을 설정하여 정부차원에서 적극 대응하고 있다. 한국의 경우 아직 의무 이행국은 아니지만, 향후 의무 감축국에 들어 갈 가능성이 매우 높아 적극적인 준비가 필요하다. 그러나, 현재의 건설분야에서는 CO_2 발생량은 매년 증가추세로 건설 분야에서도 CO_2 발생저감 등 환경부하 저감에 대한 적극적인 노력이 요구되고 있다.

2.5 국내외 경쟁 심화

산업의 국제화가 진행 중에 있으며, 건설업의 해외 수주액도 최근 증가하고 있다. 향후, 국내는 물론 넓어지는 해외시장을 획득하기 위해서는 확실한 시공품질을 공기내에 실현 가능한 높은 기술력, 시공능력이 요구된다.

2.6 건설투자의 감소

공공투자에서 새로운 건설시장은 매년 점점 감소되고 있는 실정이다. 즉, 새로운 건설 및 시공보다는 기존 구조물의 보수 및 유지관리에 중점적으로 투자가 이루어지고 있다. 또한, 향후 고령화에 의한 세금의 증가가 불투명하기 때문에 건설투자의 대폭적인 증액은 예상할 수 없다. 한정된 예산을 유효하게 사용하여 인프라 정비를 행하기 위해서는 확실한 품질인프라를 가능한 한 저렴한 비용으로 구축하는 기술개발이 요구되고 있다.

3. 정보화 시공과 Geo-mechatronics

건설 정보화 시공은 최신의 정보기술 (특히 IT 기술)을 도로, 댐, 공항 등의 인프라 또는 건물의 건설에 도입하여 시공효율과 시공품질의 향상을 위한 기술이다. Geo-mechatronics 기술은 정보화 시공 중 지반/기초 공학 분야에서 적용 가능한 기술이라고 정의할 수 있다. 그림 2는 정보화 시공 및 Geo-mechatronics 기술의 발전방향에 대한 흐름도를 나타내고 있다.

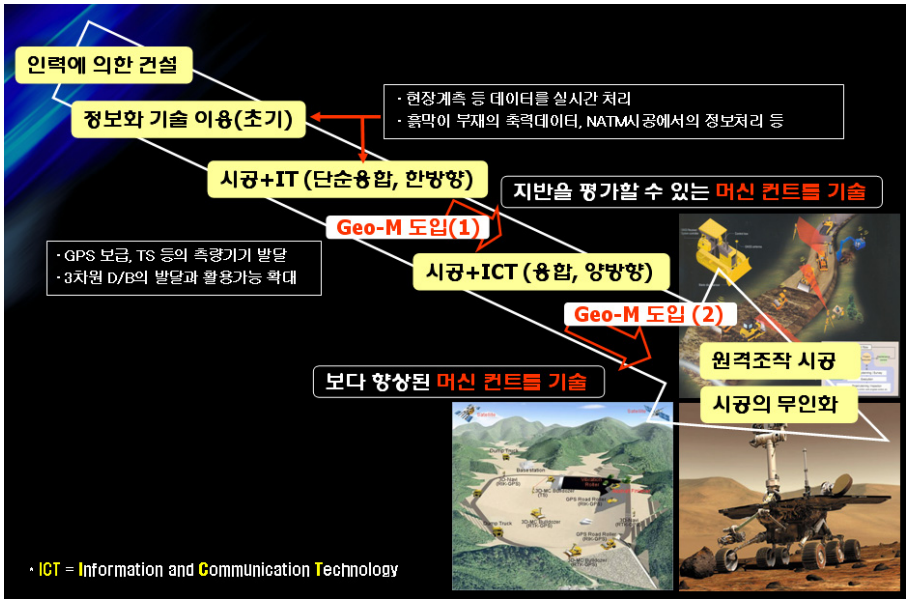
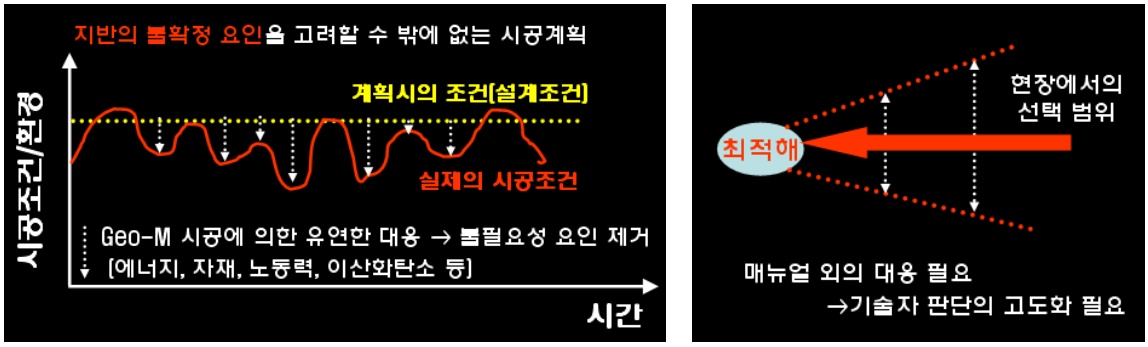


그림 2. Geo-mechatronics 기술의 발전방향

최초의 건설은 대부분 인력에 의한 건설이었다. 그 이후 초기의 정보화 기술은 현장 계측 데이터를 실시간으로 처리하는 것을 목적으로 도입이 되었다 (예를 들어 흙막이 부재의 축력 데이터, NATM 시공에서의 정보처리 등). 또한, 현재의 시공+IT는 IT 기술의 단순융합이 대부분이다. IT 기술을 이용하여 시공의 성능은 향상시켰지만, 지반의 특성을 반영하지 못하는 "한방향 제어"라고 할 수 있다. 이러한 단계에서 지반을 평가할 수 있는 머신 컨트롤 기술, 즉 Geo-mechatronics 기술을 도입할 때 진정한 의미의 시공+ICT 융합이 이루어 질 것이다. 이러한 의미에서 본 논문에서는 양방향 제어가 가능한 IT를 ICT (Information and Communication Technology)라고 표현하고 있다. 이 단계에서 보다 향상된 머신 컨트롤 (MC) 기술이 도입된다면, 원격조작 및 시공의 무인화가 가능할 것이다.

3.1 Geo-mechatronics 기술의 주요 기능

Geo-mechatronics 기술은 기능면으로부터는 크게 2개로 나눌 수 있다. 첫 번째는 ICT를 이용한 건설기계의 자동화를 도모하는 기능이다. 그림 3(a)과 같이 실제로 시공현장은 지반의 불확정 요인을 고려할 수 밖에 없는 시공계획 (노란색)이 된다. 그러나 실제의 시공조건 및 환경은 획일적인 설계조건과 달리 빨간색과 같이 변동한다. 무인로봇 기술까지는 도달하지 않더라도, 예를 들어 불도저, 그레이더의 배토판을 GNSS와 TS (토탈스테이션)을 이용한 자동 제어하는 것에 의해 오퍼레이터의 조작을 간략화 하는 것이 가능하다. 이러한 기술은 건설기계에 탑재한 컴퓨터가 전자지리와 검측 (as-built management) 정보 (설계 데이터)를 보유하고 있어, 소정의 검측이 될 수 있도록 배토판이 자동적으로 조작되어 진다. 그러기 위해서는 계측용 가설물 (예를 들어 토공 포스트)을 대폭 삭감해서 시공을 하는 것도, 그리고 야간작업을 하는 것도 가능하다. 더욱이 정보화시공 기술을 이용하지 않는 경우와 비교해서 효율적인 작업을 진행할 수 있어 건설기계의 이동시간이 단축되어, 결과적으로 공사에 발생하는 CO_2 배출량의 제어 효과도 기대할 수 있다. 고령화 등으로 숙련 오퍼레이터가 계속해서 부족해지는 문제는 이러한 자동화 기술의 도입으로 해결 할 수 있을 것이다.



(a) 머신컨트롤(MC) 기술의 향상 (b) 기술자 판단의 향상

그림 3. Geo-mechatronics 기술의 주요 기능

또 한가지의 기능은 시공에서 얻어진 정보를 현장 실무 담당 기술자의 판단 향상에 이용하는 기능이다 (그림 3(b)). 대부분의 선진국들은 효율적인 인프라 정비를 수행하기 위하여 기준과 매뉴얼의 정비를 진행하였다. 그 결과, 효율적으로 소정의 품질의 사회기반 정비를 달성하였다. 그러나, 기준과 매뉴얼에 의한 일률관리는 불확정 요인에 기인하는 불필요함을 피할 수 없다는 과제를 가지고 있다. 즉, 일반의 건설공사에서는 기상(날씨), 지반(지질)의 편차로 대표되는 불확정 요인을 전제로 구조물의 설계와 시공계획을 작성하지 않으면 안 되기 때문에 일률관리에만 의존하면 이러한 과정에서는 안전율의 도입 등, 여유를 가지고 계획 (비경제적인 설계 및 시공)을 세우게 된다. 그러나, 제한된 자원의 유효이용과 공사에 따르는 환경부하 경감, 구조물의 품질 향상에 관한 요구가 높아지는 점을 고려할 때, 기준과 매뉴얼에 따르는 일률관리만으로는 이러한 요구에 충분하게 대응할 수 없다. 즉, 일률관리와 함께 현장의 상황에 따라 유연하게 대응하는 개별평가의 형태를 고려하는 것이 필요하다. Geo-mechatronics 기술은 품질

이 좋은 현장정보를 기술자에게 제공할 수 있어, 현장에서 기술자가 바로 평가하여 반영할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 전자공학을 이용한 기계의 자동화를 도모하는 기술분야인 메카트로닉스(mechatronics)에 지반공학기술을 융합한 새로운 연구/기술 분야인 Geo-mechatronics를 소개하였다. IT 및 RT 등 최첨단 기술을 활용한 Geo-mechatronics 분야를 개척함으로써 건설산업을 미래지향적인 산업으로 전환 가능하며, 해외 건설시장에서 국제적 경쟁력을 확보할 수 있는 전략기술이 될 것이다. 더욱이 국내의 기존 인프라 신규 사업에 대한 수요가 한계에 도달하면서 기존의 레드오션 (red ocean)에서 벗어나 해외시장 진출과 신 인프라 창출을 통해 건설분야의 블루오션 (blue ocean)을 개척하는 방법이라고 생각된다. 즉, 급속도로 발전하고 있는 IT 및 RT 기술들을 지반공학에서도 적극 활용하여 새로운 개념의 기술분야를 도출하는 것이 미래의 건설시장에서 대한민국이 우위를 차지할 수 있는 방안이 될 것이다.

참고문헌

1. N. Omae (2008), 대규모 토공사에서의 고도 정보화 시공과 시공 CALS의 개발에 관한 연구, 교토대학 박사학위 논문 (일본어).
2. K. Tateyama, S. Ashida, R. Fukagawa, and H. Takahashi (2006), Geomechatronics-Interaction between groung and construction machinery and its application to construction robotics, Journal of Terramechanics 43, 341-353.
3. 일본국토교통성 (2008), 정보화시공추진전략 보고서 (일본어)
4. 오윤석, 김영서 (2009), 건설 IT 분야의 Geo-Mechatronics 적용사례 연구, 2009 한국측량학회 춘계학술 발표회, pp.461-463.